

D E C L A R A T I O N

I, Robert C. Ferber, declare that I am well qualified as a translator of German to English and that I have carefully reviewed the attached English language translation from the original document,

German Laid-Open Document DE 103 34 737 2005.02.24

BERÜHRUNGSLOSE ENERGIEVERSORGUNG FÜR BEWEGTE VERBRAUCHER

(Contactless Energy Supply for Moving Consumers)

written in German; and that the attached translation is an accurate English version of such original to the best of my knowledge and belief.

I certify under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.

Date 5/14/2010

Signature Robert C. Ferber  
Name ROBERT C. FERBER

## CONTACTLESS ENERGY SUPPLY FOR MOVING CONSUMERS

## Description

The present invention relates to supplying electrical loads on the secondary part (moving part) of a linear motor according to Claim 1, especially a linear motor, which preferably finds  
5 uses in processes of industrial automation.

## Background of the Invention

Patent EP 0580 107 B1 shows a magnetic suspension system which is designed for transport purposes using straight and curved path sections. The crucial point, in this instance, is the  
10 control of the air gap, as a function of the load of the secondary part, using a regulating device fixed to the secondary part. This regulation device is supplied with energy in a contactless manner, via an induction loop having a 10 kHz voltage source. The induction loop is, however, only  
15 present at the straight route sections. For travel on curves, a back-up battery situated on the suspension vehicle has to provide energy. Disadvantages of the equipment are that, on the one hand, the inductive energy coupling is not without gaps along the route, and, on the other hand, for the  
20 generation of an alternating field of high frequency, generally an additional expenditure for material, manufacturing and costs for the implementation is required, which increases in proportion to the route length, and therewith makes the components more expensive in an extreme  
25 manner (Figure 6; column 11, lines 14 ff), as well as requiring regular maintenance.

US Patent 6,502,517 B1 also shows a magnetic suspension system. Contactless energy transmission is also made the

subject of discussion in this instance. However, a specific point of departure as to how this energy transmission could be implemented is hardly to be found here (Figure 1, column 5, lines 19 ff and claims). It may also be clearly inferred from this document that the magnetic field for locomotion (reference points 8, 8.1 and 8.2, Figure 1) and the device for energy transmission (reference point 9, Figure 1) are constructed mechanically separated from each other. Consequently, similar disadvantages derive from this document as in the case of the invention patented in document EP 0580 107 B1.

#### Problem Definition

It is the object of the present invention to create a contactless energy supply for electrical consumers applied to the moving part (secondary part) of a linear motor, without considerable additional material and/or manufacturing expenditure, and without additional voltage sources on the secondary part. Besides all this, the equipment should be little susceptible to faults.

This object is attained by the features of Claim 1. The present invention ensures a contactless energy transmission that satisfies all the points required, and especially ensures the required maintenance friendliness, since hardly any additional mechanical system is involved. Because of the induced voltage of an additional energy supply field in the field-generating coils used for generating the propulsion field (traveling field), and the utilization of a linear motor component (primary part) that is there anyway, that is connected therewith, this saves the additional material expenditure and manufacturing and assembly costs. The secondary part and the primary part of the linear motor do not have to be enlarged by mechanical components (inductance

loops, auxiliary windings, etc.), in the design approach according to the present invention. Only an additional energy transmitting interface is required in addition. Also, an expansion, from a circuit technology point of view, of the coil feeding for the induction of the required electrical field required for the energy transmission into the field-generating windings has to be undertaken. However, these measures result in relatively low costs.

The consumers may be functional blocks for propulsion regulation and motion regulation, as well as data processing devices for position recording and the sensors connected with that, and/or means for communications. This makes the device very flexible overall, with respect to the conceivable fields of use. All specific embodiments are conceivable and implementable, from complex transportation, packaging and automation devices having a plurality of independently driven secondary parts all the way to the implementation of a simple linear motion.

Even process energy could be transmitted in a contactless manner to the secondary part, using this method. In this context, by process energy is understood energy which is not needed for supplying drive-relevant consumers, but for carrying out a procedure within a process. This could be, for example, the welding of a foil for foodstuffs after filling it up on a packaging machine. Any number of other types of application are conceivable. For application in industrial machines, it is therefore proposed that at least one consumer on the secondary part is a fixture relevant to the process, that takes over a manufacturing step or a processing step within an industrial process.

For purposes of modularization and expandability of a route built up from the linear motor according to the present

invention, it would be advantageous to design the motor in such a way that it is driven in a monophasic or multiphase manner and that it has a propulsion regulation or a motion regulation, particularly for modular transport devices having  
5 straight and curve-shaped route sections, which form a route sequence having at least one secondary part, communicating via an information transmitting interface, which contains a part of the drive, the secondary part having at least one permanent magnet and a signal processing device, having propulsion  
10 regulators and motion regulators, and which generates at least one setpoint value relevant to a coil controller, the setpoint value being supplied via a setpoint interface from the secondary part to a coil controller that is stationary with respect to the primary part, as the value used for the  
15 commutation, and means for the rigid support of the secondary part are provided which guide the secondary part along the predetermined route.

The energy supply according to the present invention, in such a case, feeds the signal processing device, that is situated  
20 on the secondary part pertaining to the apparatus, having motion or propulsion regulators. The coil is mounted in a stationary manner, for instance, on the primary part, and generates the propulsion field for the secondary part.

The signal processing device calculates controlled variables,  
25 from actual values received via sensors and/or interfaces, such as a current or voltage setpoint value. Such a setpoint value could, in turn, be used as input variable of the stationary coil controller, and could be transmitted via a setpoint value interface to receiving coils of the coil  
30 controller, in a contactless manner. The setpoint specifications for the coil controller thus occur directly and without cable connection via the moving secondary part, a function of, among other things, its instantaneous position.

The motion regulation or propulsion regulation could also be a part of a motion regulation. A position setpoint value or a speed setpoint value, or the like, would be able to be produced by a centralized or decentralized control, and could  
5 be transmitted to the secondary part via wireless interfaces, inductively, for example. It would thereby be possible to supply only those field-generating coils with propulsion energy which are located in immediate proximity to the secondary part, and which have to be supplied with current for  
10 the latter's next motion step. The basic assumptions for a universal system are created by this design approach, and this system offers a design approach for approximately every transportation problem or processing problem in industrial machines, by the ability to implement modularly constructed  
15 route sections of any shape, almost like a construction kit.

It would further be useful to have an arrangement of the form that, on the secondary part there is situated at least one AC/DC converter for the voltage conversion and supply of consumers. The AC/DC converter is used in this case to convert  
20 the alternating voltage fed in via the energy interface into a direct voltage, since the users are supplied with a direct voltage, as a rule. Provided all the consumers require an identical supply, they could be connected to the supply via an energy supply bus, which enormously reduces the expenditure  
25 for circuit technology and reduces the probability of failure.

If the consumers are connected to the energy transmission interface via DC/DC converters, they could be operated at different supply voltages. In spite of a single energy transmitting interface, it is thereby possible to implement  
30 supply voltages of the most different levels. The DC/DC converter, which only changes the voltage level to the desired value, in this case would be preconnected to a consumer, or could be integrated into the consumer.



In order to be able to influence the height of the required voltage directly at the source of creation, without additional hardware, it is provided to position at least one AC/AC converter on the secondary part for voltage conversion and the supply of the consumers. In this case, too, different supply voltages are able to be implemented for different consumers in that the consumers are connected to the energy transmitting interface via integrated or separate AC/DC converters. Using this procedure, the object of an AC/AC converter would simply be adapting the feed level already at the source.

Additional interconnection configurations of AC/DC and/or AC/AC converters for producing different voltage levels and voltage types on the secondary part are conceivable and come about from the multifarious combination possibilities. Here we shall do without representing every possible combination. It should be easy for one skilled in the art to derive them.

Particularly energy saving is an operating type in which only those windings of the primary part generate an energy supply field which essentially lie opposite the secondary part. Because of this, an energy supply field is generated only via field-energizing coils in whose direct vicinity the energy transmitting interface of the secondary part is located. Additional energy saving measures would come about in that exclusively in each case those windings of the primary part generate an energy supply field which essentially lie opposite the energy transmitting interface of the secondary part. An ulterior motive in this design approach is the use of this feature in a system initialization. This is used to detect the initial configuration, that is, among other things, to detect the position of the secondary parts on the path of motion.

The arbitrary supplying with current of all coils increases the heat or energy losses, and thereby also reduces the

durability and the service life. A targeted activation of the respective windings may be implemented via position recording, and the known dimensions or the mounting location of the energy transmitting interface on the secondary part, for instance, via a central control or via the distributed [FOOT  
5 verteile] control logic known from Claim 3.

If the equipment is designed in such a way that all windings supply energy upon initialization of secondary parts, an initial recording of the position of the secondary parts, for instance, when switching on the system or after a system  
10 interference such as a collision, is able to be made without increased expenditure on circuit technology, and, above all, without cable connection. In this case, at the power-up instant, all secondary parts are supplied with energy,  
15 independent of their location within their propulsion path, and all the coils are supplied with current. Without these measures, no data with respect to the location of the secondary parts would be available in the case of a central control after the (re)starting of the system, because for lack  
20 of present energy, the systems mounted on the secondary part do not work yet. An additional current supply would then be required (batteries, accumulators, etc.) which in the exemplary case mentioned takes over the current supply and/or perhaps buffers memories for maintaining position data. In the  
25 case of a collision or a derailment of the secondary part, however, protection of these data could also be useless. The usual method for the solution of this problem is the so-called „homing“ method, in which, first of all, all secondary parts have to travel through a specified route section for  
30 identification and recording of position. Only then is the system again ready for use, and the secondary parts can again arrive at their original position, which is a time-consuming procedure, and, with regard to the effects of downtime in



highly optimized manufacturing processes, a very expensive one. Besides that, the provided solution is an additional step in the direction of freedom from maintenance, because of the absent additional current sources. The absent additional  
5 current sources also reduce the weight of the equipment and improve its dynamics.

It would be useful if the linear motor were further characterized in that, during normal operation, accumulators and/or batteries and/or solar cells that are buffered via the  
10 energy interface would ensure the required energy supply. Then the secondary parts themselves would receive their position data in the currentless state, and a short-term operational interruption, in which the secondary parts maintain their original position would be at least without influence on the  
15 position detection of the control.

Besides the object mentioned at the outset, the invention is further based on the object of creating the basis for an industrial machine, particularly for use in automation paths which includes an industrial process, for instance, for flat  
20 stock, packaging and tools, the process including a linear motion which a linear motor, which is outfitted with at least one secondary part, supplied via an energy transmitting interface, on which consumers are situated, and with at least one primary part having field-generating coils, that are  
25 strung together along a predetermined route, for the propulsion of the secondary part via a propulsion field, and is characterized in that an energy supply field of higher frequency is superposed on the propulsion field, which is inductively coupled in via the energy transmitting interface  
30 of the secondary part, and supplies energy to consumers mounted on the secondary part.

The advantages of an industrial machine according to the present invention are particularly efficiently exhausted if the machine includes a plurality of secondary parts which execute a motion synchronous with the process according to predetermined process rules. A plurality of secondary parts cause increased complexity in the energy supply. This allows the number of secondary parts to be freely determined, and, depending on the process, it is limited solely by the requirements of the process, by the geometry of the secondary parts and by the routing of the primary part.

#### Exemplary Embodiment

Figure 1 shows roughly schematically the cross section of a linear motor according to the present invention. Figure 2 shows a linear motor of a similar kind, however, having additional interfaces for communication with a superordinated control, for use in industrial machines. Figure 3 shows the equipment shown in Figure 2 in a top view, and Figure 4 shows a possible implementation of the coil drive circuit. Figure 5 shows a schematic basic circuit diagram for the possible implementation of power coupling and power decoupling.

The linear motor shown in Figure 1 is made up of a secondary part/secondary parts 4 (only one shown here) and a primary part/primary parts 5, which form a motion path (only one segment shown here). The equipment is shown in section. The section is parallel to the possible direction of motion along the center axis. Permanent magnets 11 are situated on the lower side of secondary part 4, which is opposite primary part 5. The field of this permanent magnet 11 interacts with the propulsion field or moving field of field-generating coils 1 and secondary part 4, because of the resulting Lorentz force. On the upper side of secondary part 4 consumers 2 are situated which are supplied with energy using voltage and/or

level converter 8. In this example, energy supply interface 3 is docked to the secondary part on a side 14 that runs transversely to the direction of motion. Energy interface 3 could in principle be mounted at any other place on secondary part 4, and when the mounting location is selected, it is only important that a good to optimal coupling factor is achieved. It would also be conceivable to position the interface in the middle of secondary part 4, or between permanent magnets 11. Converter 8, situated over energy supply interface 3 is directly connected to the output of interface 3, and it, in turn, makes available a connection for all consumers 2 that travel along. The energy is taken up via energy supply field 6, which is indicated in air gap 15 between energy supply interface 3 and primary part 5. Now, if the secondary part moves according to motion direction 10 that is drawn in, energy interface 3 is guided along. The result is that energy supply field 6 has to follow the motion, otherwise the energy supply would break down.

However, this problem may be solved via a position detecting system and an additional communications interface, for instance, to a centrally or decentrally organized sequencing control, see Figure 2. A setpoint value interface 9 having a postconnected signal processing 13 is used for the propulsion regulation or motion regulation. Setpoint interface 9, same as the energy interface, is docked to a side 14 that runs transversely to the direction of motion. Via a receiving interface that is not shown, via this interface, data could be transmitted using a superordinated control or the coil controller. Each individual winding of field-generating coil 1 is supplied with current via coil controller 7 that may possibly be integrated in primary part 5, and accordingly may be activated individually. A part of the coil controller are signal sources 16 for generating the propulsion transmission

field or energy transmission field. These might be executed integrated into the primary part, but also externally. The equipment is also functional without setpoint value interface 9 having postconnected signal processing. An external control 5 then has to take over the control of field generating coil 1.

The energy supply field superposed on the propulsion field could be generated in that, in order to produce an AC voltage 16a, required for the propulsion field, having a frequency such as 50 Hz (every other frequency is conceivable), an 10 additional AC voltage source 16b having 10 kHz or even a variable frequency is connected to the system in such a way that, from the superposition of the two voltages, the desired effect sets in and the two fields are superposed on one another. The receiver resonant circuit at secondary part 4 is 15 tuned to the frequency that is to be decoupled, so that it couples the maximum possible energy. Voltage and level converter 8 adjusts the output voltage to the demands of consumers 2, which are connected to it via line 12. It would also be conceivable to assign a unique frequency to each 20 secondary part, in order then to activate it via this assigned frequency. Additional modulation methods, known from the related art, for the activation of the secondary parts are also conceivable.

If one or more the consumers 2 are selected in such a way that 25 they take over tasks within an industrial process, for instance, a welding or an adhesion procedure, these consumers 2, same as all the other users 2, could be supplied with current via energy supply interface 3 and possibly an additional, parallel connected voltage and/or level converter 30 8 (not shown here).

Depending on how the voltage and/or level converter 8 is selected, different requirements may be satisfied. Both

consumers having alternating voltage connection and DC voltage connection are able to be supplied with current by the combination of AC/DC, AC/AC and DC/DC converters 8. It is possible to adjust the voltage level picked off at energy supply interface 3 to consumers 2, via integrated voltage dividers. It is also conceivable that each consumer 2 has its own converter 8, which ensures the individual, consumer-specific voltages and levels.

Energy supply interface 3 rides along on secondary part 4, along route 10. A non-stationary, traveling energy supply field 6, that rides along, for example, is used which follows the motion of the secondary part with respect to its speed specifications or acceleration specifications by the control. Only those field-generating coils 1 guide energy to the energy supply which are, in fact, situated under secondary part 4 or perhaps even under energy supply interface 3. The advantage, as mentioned before, lies in the reduced energy usage and in the reduced heat losses. In the case of system initialization, it is meaningful to supply all field-generating coils 1, simultaneously or section by section, with energy, in order to supply immediately with current all consumers 2, traveling along, without a separate position detecting mechanism, and to be able to scan the required data by a control. In principle, however, the spatial extension of energy supply field 6 may also be implemented in a different way. It could be permanently present on the entire route, even in normal operation, or only on relevant path sections, dependent on the instantaneous position of secondary part(s) 4 that is/are to be fed. Naturally, in the latter case, greater demands are made on the control of the field-generating components.

A single one or several of consumers 2 could also be designed as energy stores (accumulators), so that after the loading process, in the case of an energy failure, they could supply

the other consumers connected via line 12. Other energy sources that supply energy to line 12 are also conceivable (batteries, solar cells, etc.).

The linear motor shown in Figure 2 is made up of secondary  
5 part(s) 4 and primary part(s) 5. The illustration shows only a single secondary part 4 in a sectional view, for reasons of clarity. Primary part 5 forms a route, as in Figure 1, preferably traveled by a plurality of secondary components 4 simultaneously. On secondary part 4 there is situated a signal  
10 processing device 19 for motion regulation and propulsion regulation, and it travels along in response to motion. This device is also connected to energy transmitting interface 3, to sensor interface 17 and to control interface 18, and additionally to setpoint interface 9. On primary part 5 there  
15 is a coil controller 7 which is connected to the field-generating windings 1 and to setpoint interface 9.

Also on primary part 5 there is an energy transmitting interface 3, a sensor interface 17 and a control interface 18. These are connected to a signal source 16, a motion state  
20 sensor 21 and a control connection 22. In air gap 15, the propulsion field between field-generating components 23 of secondary part 4 and field-generating coils 1 of primary part 5 are indicated. Field-generating components 23 are situated on the lower side of secondary part 4, and ride along with it.

25 Control connection 22 ensures the connection to a centrally or decentrally situated control (not shown here), which puts into place the coordination of the motion sequence or an entire industrial process. Control data are transmitted in a  
30 contactless manner to corresponding control interface 18, of secondary part 4, that lies opposite, and this is done via control interface 18 on the primary part, which in this specific example could be designed as an inductive, bi-



directional interface. Control interface 18 of the secondary part supplies data to signal processing device 19, and the latter evaluates the data. A motion state sensor 21 supplies position data to signal processing device 19, via an  
5 additional contactless sensor interface 17. Signal processing device 19 uses these data to record the current position of assigned secondary part 4 relative to primary part 5. Signal source 16 situated on primary part 5, also in a contactless manner, supplies signal processing device 19 on secondary part  
10 4 with electrical current via energy transmission interface 3. The control of field-generating controls 1 is taken over by coil controller 7, which receives specifications with regard to the required field strength via setpoint value interface 9. In this case, the setpoint value could be a current setpoint  
15 value which is directly proportional to the intensity of the magnetic field, and with that, to the acceleration of the secondary part. A voltage setpoint value would also be conceivable. The current setpoint value is supplied, via the contactless interface, to setpoint value interface 9 directly  
20 by signal processing device 19 of secondary part 4. Signal processing device 19 derives this setpoint value directly from the data it receives from sensor interface 17 and control interface 18. In the case of the data from control interface 18, a position setpoint value could be involved, from which  
25 signal processing device 19 calculates the required acceleration and speed as a function of the path to be covered, and then requests the necessary traveling field strength per current setpoint value. Depending on the case of application, other kinds of setpoint values are also  
30 conceivable.

A combination of the devices shown in Figure 1 and Figure 2, for example, is optimally suitable for use in industrial machines. Consumers having different performance demands may

be applied on the secondary part, and supplied there, because of the explained combination of AC/DC, AC/AC and DC/DC converters. The design approaches are particularly suitable for automation paths which include an industrial process, or  
5 for manufacturing and processing of flat stock, packaging and tools, the process including a linear motion which is executed by a monophasic-controlled or multiphase-controlled linear motor having motion control that has at least one secondary part 4 and at least one primary part 5 having field-generating  
10 coils 1 in concentrated or overlapping winding along a predetermined route. The compact design and transferring of the control intelligence to secondary part 4 make possible the manufacturing of very flexible, modular-type components, which may be offered in the form of an assembly kit. The path  
15 sections developed from primary parts 5 may theoretically be manufactured in any shape, that is, as straight or curve-shaped sections having right-hand or left-hand curve directions, or as sections for bridging a rise, and they thus make possible the design approach to almost any transportation  
20 problem.

Figure 3 shows the cutout of a path 25 formed of primary parts using three-phase activated coils, in a top view. For reasons of clarity, again only one secondary part 4 and one route  
25 section 24 are illustrated. This secondary part 4 is able to move above route 25 along the arrows drawn in the forwards or backwards direction. Rigid support of the secondary part could be performed, for example, by rolls and rails, but a magnetic suspension system would also be conceivable. The transmission  
30 of the setpoint value from the signal processing device via setpoint value interface 9 of the secondary part and the primary part takes place here for each of the three phases via a separate interface, and therefore three setpoint value interfaces 9 lie next to one another on secondary part 4, but

they are drawn in offset to one another in the direction of motion. Each of the three setpoint value interfaces 9, designed in a segmented fashion, of primary part 5 activates a group of windings 1 in parallel via the corresponding setpoint value interface of primary part 5, whereby a co-phasal supply with current is ensured. In this context, it is important to know that only those coils are supplied with current which are actually required for driving secondary part 4. This means those windings which just happen to be under or directly in front of secondary part 4. This principle of coil activation as a function of the secondary part position, among other things, effectively limits the power loss of the transportation system. in a three-phase system, as shown in Figure 3, every third coil is supplied with current of identical phase position via its own coil controller 7. Coil controller 7 is here indicated only by a transistor symbol. In response to the motion of the secondary part along route 25, setpoint value interfaces 9, situated at the lower side of the secondary part, travel along the route and thereby pass their corresponding interfaces on the primary part. This leads to the commutations, already mentioned, of the coil current, corresponding to the motion sequence. If setpoint value interfaces 9 of secondary part 4 leaves the detection range of the interface on primary part 5, this leads to the switching off of the current in the affected coils. If the apparatus reaches a new interface, this leads to activation of the coil current, which then drives the secondary part in the desired direction. There is the additionally the possibility of influencing the propulsion via the setpoint value transmitted to coil controller 7, for instance, a speed increase due to acceleration as a function of a load, or a prespecification of a central control device.

Figure 4 shows coil controller 20 in the form of a schematic basic circuit diagram. A current setpoint value 9 received from setpoint value interfaces 9 for activating the coils is compared to the instantaneous actual current value 28 of the coils. This actual value is directly ascertained via a measuring device 32. The result of this comparison is conducted to a pulse width modulator 26, which activates a field-generating coil via two IGBT's connected as a half bridge 33. Thus coil controller 20, in this example, is made up of a comparator 27, PWM 26, half bridge 33 and a measuring device 32. Additional components may also become necessary, depending on the respective objective to be attained. Coil controller 20 receives the input signals from setpoint value interface 9 and from actual value feedback 28. The output signal is used directly for supplying the field-generating coils 1. In this connection, a bipolar voltage supply is used as the supply voltage of the device, which is indicated by line feeds 29 and 30. The measurement of the actual current value is made relative to ground 31. It is conceivable to have additional forms of embodiment for controlling the coils.

Figure 5 shows in greater detail the activation (transistor symbol 7) of coils 1 shown in Figure 3, which form a route section. It should be observed that only those components are drawn in that are absolutely necessary for the understanding of the circuit. The modular units designated by n, n+1 and n+2 repeat in correspondence to the coils to be activated along the route. Half bridge 33, known from Figure 4, may be recognized, having its supply voltage 29/30, and one may also recognize coil 1, connected to ground 31, that is required for generating the propulsion field. Energy transmitting interface 3, made up, among other things, of coil 1 and coil 34 situated on the secondary part are also shown. Coil 34 has two connections 37. At the contact point of the two transistors of

a half bridge 33, a capacitor 35 is additionally drawn in, and this is connected to an HF voltage source 36.

For an understanding of the energy transmission, reference  
5 numerals 35, 1, 34 and 37 are relevant. If one examines a  
module, for instance, module  $n+1$ , this functions as follows:  
The propulsion of a secondary part takes place as was  
thoroughly described in Figure 4. Via supply line 36, a higher  
frequency supply voltage (or a supply voltage that is variable  
10 in frequency) is coupled in via capacitor 35, whose field is  
superposed with the field of the driving supply voltage. Coil  
34, that rides along with the secondary part, in the ideal  
case, completely picks off again the power fed in via  
capacitor 35, and, at connection 37, it makes available the  
15 voltage required for the energy supply of modules that ride  
along and are mounted on the secondary part. Various voltage  
levels, designed specially for the consumers, could now be  
generated to connection 37 via AC/DC converters, as was  
described above in a most detailed manner above.

20

## List of reference numerals

- 1 field-generating coils
- 2 electrical load
- 3 energy transmitting interface
- 4 secondary part
- 5 primary part
- 6 energy supply field
- 7 coil controller
- 8 voltage and/or level converter
- 9 setpoint interface
- 10 direction of motion.
- 11 permanent magnets
- 12 supply line
- 13 drive circuit
- 14 connection
- 15 air gap
- 16 signal source
- 17 sensor interface
- 18 control interface
- 19 signal-processing device
- 20 coil controller
- 21 motion state sensor
- 22 control connection
- 23 field-generating component
- 24 path section
- 25 path
- 26 PWM control
- 27 comparator
- 28 actual-value generator
- 29 supply voltage having polarity a
- 30 supply voltage having polarity b
- 31 ground
- 32 measuring device



- 33 half bridge
- 34 coupling coil of a secondary part
- 35 coupling capacity
- 36 power feeding for secondary parts
- 37 power consumption by secondary parts

What Is Claimed Is:

1. A linear motor, especially for modular transportation devices, comprising at least one secondary part (4), supplied via an energy transmitting interface (3), on which consumers (2) are situated, and comprising at least one primary part (5) having field-generating coils (1) that are mounted side-by-side along a predetermined route for the propulsion of the secondary part (4) using a propulsion field, wherein an energy supply field (6) of higher frequency is superposed on the propulsion field, which is inductively coupled via the energy transmitting interface (3) of the secondary part (4) and supplies the consumers (2) mounted on the secondary part (4) with energy.
2. The linear motor as recited in Claim 1, wherein procedure required for an application process is executed by a consumer (2), and this consumer (2) is an apparatus relevant to the process.
3. The linear motor as recited in Claim 1 or 2, wherein it is driven in a monophasic or multiphase manner and has a propulsion control or motion control, especially for modular transportation devices having straight and curve-shaped path sections which form a route sequence, having at least one secondary part (4), which communicates via an information-transmitting interface, which includes parts of the drive circuit, the secondary part (4) having at least one permanent magnet and one signal-processing device having a propulsion controller or motion controller, which generates at least one setpoint value relevant with reference to a coil controller; the setpoint value being supplied via a setpoint interface (9) from the secondary part (4) to a

coil drive circuit (7) that is stationary with respect to the primary part (5) as the quantity used for the commutation, and means for the rigid support of the secondary part being provided which guide the secondary part along the predetermined route.

4. The linear motor as recited in one of Claims 1 through 3, wherein at least one AC/DC converter on the secondary part (4) is connected to the energy transmitting interface (3) and it supplies the consumers (2).
5. The linear motor as recited in Claim 4, wherein the consumers (2) are connected to the AC/DC converter via DC/DC converters.
6. The linear motor as recited in Claims 1 through 5, wherein at least one AC/AC converter on the secondary part (4) is connected to the energy-transmitting interface (3) and it supplies the consumers (2).
7. The linear motor as recited in Claim 6, wherein the consumers (2) are connected to the AC/AC converter via AC/DC converters.
8. The linear motor as recited in one of Claims 1 through 7, wherein all those windings (1) of the primary part (5) generate an energy supply field (6) which essentially lie opposite to the secondary part (4).
9. The linear motor as recited in one of Claims 1 through 7, wherein exclusively in each case all those windings (1) of the primary part (5) generate an energy supply field (6) which essentially lie opposite to the energy transmitting interface (3) of the secondary part (4).

10. The linear motor as recited in one of Claims 1 through 9, wherein all the windings supply energy in response to an initialization of the secondary parts (4).
11. The linear motor as recited in Claim 10, wherein buffered accumulators and/or batteries and/or solar cells supply the required energy via the energy interface (3), during normal operation.
12. An industrial machine, especially for automation paths, which includes an industrial process, especially for flat stock, packaging and tools, the process including a linear motion which a linear motor executes that is driven in a monophasic or multiphase manner, inclusive of motion control, having at least one secondary part (4) and at least one primary part (5) having field-generating coils (1) in concentrated or overlapping winding along a predetermined route, wherein an energy supply field (6) of higher frequency is superposed on the propulsion field, which is inductively decoupled via the energy transmitting interface (3) of the secondary part (4) and supplies the consumers (2) mounted on the secondary part (4) with energy.

This is followed by +five pages of drawings

## Abstract

The present invention relates to a contactless energy supply for electrical consumers mounted on the mobile part of a linear motor, said energy supply being provided without considerable additional material and production costs and without additional voltage sources. One such arrangement is produced in such a way that a higher frequency energy supply field (6) is superposed over the propulsion field, said energy supply field being inductively decoupled using the energy transmitting interface (3) of the secondary part (4), and supplying consumers (2) mounted on the secondary part (4) with energy.



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 34 737 A1** 2005.02.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 34 737.2**  
(22) Anmeldetag: **29.07.2003**  
(43) Offenlegungstag: **24.02.2005**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H02J 17/00**  
**B60L 13/03**

(71) Anmelder:  
**Rexroth Indramat GmbH, 97816 Lohr, DE**

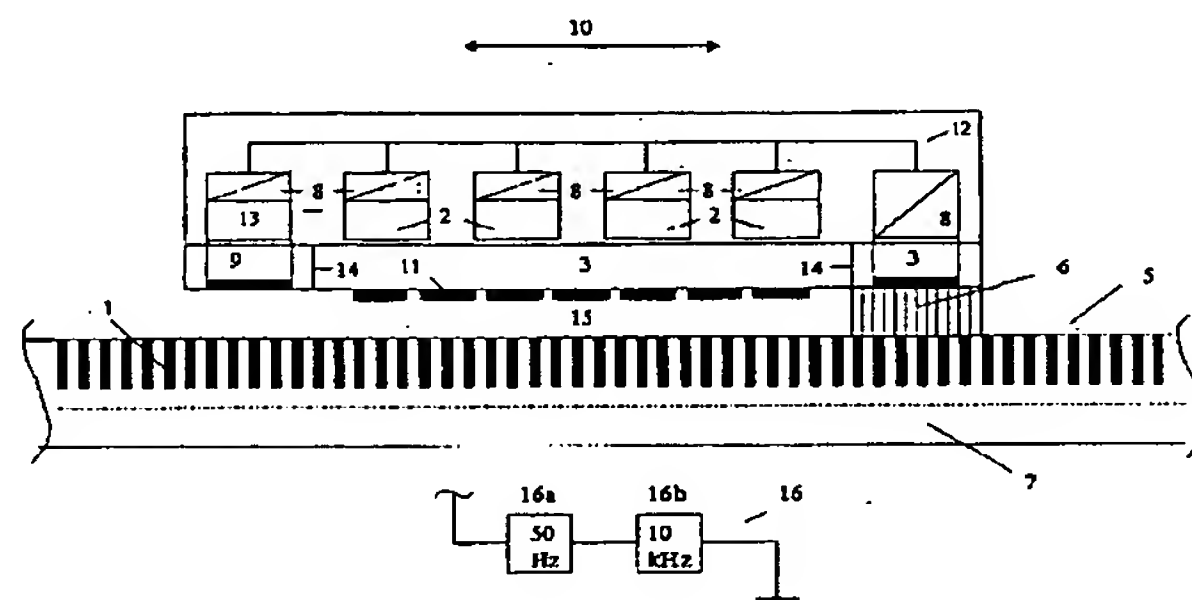
(72) Erfinder:  
**Schnurr, Bernd, 97816 Lohr, DE; Schemm,  
Eberhard, 97816 Lohr, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Berührungslose Energieversorgung für bewegte Verbraucher**

(57) Zusammenfassung: Berührungslose Energieversorgung für am beweglichen Teil eines Linearmotors angebrachte elektrische Verbraucher, die ohne nennenswerten zusätzlichen Material- und Herstellungsaufwand und ohne zusätzliche Spannungsquellen auskommt. Eine solche Anordnung wird dadurch realisiert, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld 6 höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle 3 des Sekundärteiles 4 induktiv auskoppelt wird und am Sekundärteil 4 angebrachte Verbraucher 2 mit Energie versorgt.





**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft die Versorgung elektrischer Verbraucher auf dem Sekundärteil (bewegliches Teil) eines Linearmotors nach Anspruch 1, insbesondere eines Linearmotors, der vorzugsweise in Prozessen der Industrieautomatisierung Verwendung findet.

**Stand der Technik**

**[0002]** Das Patent EP 0580 107 B1 zeigt ein magnetisches Schwebesystem, welches für Transportzwecke mit geraden und kurvenförmigen Wegabschnitten ausgelegt ist. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Regelung des Luftspaltes, abhängig von der Belastung des Sekundärteiles, mittels einer am Sekundärteil befestigten Regelungseinrichtung. Diese Regelungseinrichtung wird über eine Induktionsschleife mit einer 10kHz Spannungsquelle berührungslos mit Energie versorgt. Die Induktionsschleife ist allerdings nur an den geraden Streckenabschnitten vorhanden. Bei Kurvenfahrten muss eine am Schwebefahrzeug angeordnete Pufferbatterie für Energie sorgen. Nachteil der Anordnung ist, dass zum einen die induktive Energiekopplung nicht lückenlos entlang der Strecke erfolgt und dass zum anderen neben der schaltungstechnischen Maßnahmen zur Erzeugung eines Wechselfeldes höherer Frequenz generell ein zusätzlicher Material-, Herstellungs- und Kostenaufwand zur Realisierung vonnöten ist, der proportional zur Weglänge zunimmt und damit die Komponenten extrem verteuert (**Fig. 6**; Spalte 11, Zeile 14 ff) sowie eine regelmäßige Wartung erfordert.

**[0003]** Das Patent US 6,502,517 B1 zeigt ebenfalls ein magnetisches Schwebesystem. Auch die berührungslose Energieübertragung wird hier thematisiert. Ein konkreter Ansatzpunkt wie diese Energieübertragung jedoch realisiert werden könnte ist hier kaum zu finden (**Fig. 1**, Spalte 5, Zeile 19 ff und Ansprüche). Auch ist der Schrift eindeutig zu entnehmen, dass das magnetische Feld zur Fortbewegung (Bezugspunkte 8, 8.1 und 8.2, **Fig. 1**) und die Vorrichtung zur Energieübertragung (Bezugspunkt 9, **Fig. 1**) mechanisch voneinander getrennt aufgebaut sind. Es ergeben sich somit ähnliche Nachteile wie bei der Erfindung, die mittels der Schrift EP 0580 107 B1 patentiert wurde.

**Aufgabenstellung**

**[0004]** Es ist Aufgabe der Erfindung eine berührungslose Energieversorgung für am beweglichen Teil (Sekundärteil) eines Linearmotors angebrachte elektrische Verbraucher zu schaffen ohne nennenswerten zusätzlichen Material- und/oder Herstellungsaufwand und ohne zusätzliche Spannungsquellen auf dem Sekundärteil. Die Anordnung sollte außerdem wenig störungsanfällig sein.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Die Erfindung gewährleistet eine berührungslose Energieübertragung, die alle geforderten Punkte erfüllt und insbesondere die geforderte Wartungsfreundlichkeit sicherstellt, da kaum zusätzliche Mechanik im Spiel ist. Durch die Einkopplung eines zusätzlichen Energieversorgungsfeldes in die für die Erzeugung des Fortbewegungsfeldes (Wanderfeldes) genutzten felderzeugenden Spulen und der damit verbundenen Nutzung einer ohnehin bereits vorhandenen Linearmotorkomponente (Primärteil) erspart man sich den zusätzlichen Materialaufwand sowie Fertigungs- und Montagekosten. Sekundärteil und Primärteil des Linearmotors müssen bei der erfindungsgemäßen Lösung nicht um mechanische Komponenten (Induktionsschleifen, Zusatzwicklungen, etc.) erweitert werden. Lediglich eine Energieübertragungsschnittstelle wird zusätzlich erforderlich. Auch eine schaltungstechnische Erweiterung der Spulenspeisung zur Einkopplung des zur Energieübertragung erforderlichen elektrischen Feldes in die felderzeugenden Wicklungen muss vorgenommen werden. Diese Maßnahmen ziehen jedoch verhältnismäßig geringe Kosten nach sich.

**[0006]** Bei den Verbrauchern kann es sich um Funktionsblöcke zur Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung sowie um Datenverarbeitungsvorrichtungen zur Positionserfassung und den damit verbundenen Sensoren und/oder Mitteln zur Kommunikation handeln. Dies macht die Vorrichtung insgesamt sehr flexibel bezüglich der denkbaren Einsatzfelder. Von der komplexen Transport-, Verpackungs- und Automatisierungseinrichtung mit einer Vielzahl von unabhängig betriebenen Sekundärteilen bis hin zur Realisierung einer einfachen Linearbewegung sind alle Ausführungsformen denkbar und realisierbar.

**[0007]** Selbst Prozessenergie könnte mit diesem Verfahren auf das Sekundärteil berührungslos übertragen werden. Unter Prozessenergie wird in diesem Zusammenhang Energie verstanden, die nicht zur Versorgung von antriebsrelevanten Verbrauchern, sondern für die Durchführung eines Vorganges innerhalb eines Prozesses benötigt wird. Dies könnte beispielsweise das Verschweißen einer Folie für Lebensmittel nach der Befüllung durch eine Verpackungsmaschine sein. Beliebige weitere Anwendungsformen sind denkbar. Für den Einsatz in industriellen Maschinen wird deshalb vorgeschlagen, dass zumindest ein Verbraucher auf dem Sekundärteil eine prozessrelevante Apparatur ist, die einen Ver- bzw. Bearbeitungsschritt innerhalb eines industriellen Prozesses übernimmt.

**[0008]** Vorteilhafterweise wäre zu Zwecken einer Modularisierung und Erweiterbarkeit einer aus dem erfindungsgemäßen Linearmotor aufgebauten Wegstrecke diesen so ausulegen, dass er ein- oder mehrphasig angesteuert ist und eine Fortbewe-

gungs- bzw. Bewegungsregelung aufweist, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden, mit wenigstens einem über eine Informationsübertragungsschnittstelle kommunizierenden Sekundärteil, das Teile der Ansteuerung enthält, wobei das Sekundärteil wenigstens einen Permanentmagneten und eine Signalverarbeitungsvorrichtung mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich einer Spulensteuerung relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle vom Sekundärteil einer bezüglich des Primärteiles ortsfesten Spulensteuerung als für die Kommutierung verwendete Größe zugeführt ist und Mittel zur steifen Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstecke führen.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Energieversorgung speist in einem solchen Falle die apparativ auf dem Sekundärteil angeordnete Signalverarbeitungsvorrichtung mit Bewegungs- bzw. Fortbewegungsregler. Die Spulensteuerung ist beispielsweise ortsfest am Primärteil angebracht und erzeugt das Fortbewegungsfeld für das Sekundärteil.

**[0010]** Die Signalverarbeitungsvorrichtung errechnet aus über Sensoren und/oder Schnittstellen empfangenen Istwerten Regelgrößen wie zum Beispiel einen Strom- bzw. Spannungssollwert. Ein solcher Sollwert wiederum könnte als Eingangsgröße der ortsfesten Spulensteuerung dienen und über eine Sollwertschnittstelle berührungslos an Empfänger-spulen der Spulensteuerung übertragen werden. Die Sollvorgaben für die Spulensteuerung erfolgen damit direkt und kabellos über das bewegliche Sekundärteil, u.a. abhängig von seiner momentanen Position.

**[0011]** Die Bewegungs- bzw. Fortbewegungsregelung könnte auch Teil einer Bewegungsregelung sein. Ein Positionssollwert oder Geschwindigkeits-sollwert oder dergleichen wäre von einer zentralen oder dezentralen Steuerung erzeugbar und an das Sekundärteil über drahtlose Schnittstellen, beispielsweise induktiv, übertragbar. Es wäre damit möglich nur noch diejenigen felderzeugenden Spulen mit Fortbewegungsenergie zu versorgen, die sich in unmittelbarer Nähe des Sekundärteiles befinden und für dessen nächsten Bewegungsschritt bestromt werden müssen. Durch diese Lösung werden die Grundvoraussetzungen für ein universelles System geschaffen, welches durch die Realisierbarkeit modular aufgebauter Streckenabschnitte beliebiger Form quasi als Baukastenlösung für annähernd jedes Transport- und/oder Bearbeitungsproblems in industriellen Maschinen eine Lösung bietet.

**[0012]** Von weiterem Nutzen wäre eine Anordnung

der Gestalt, dass am Sekundärteil wenigstens ein AC/DC-Wandler zur Spannungswandlung und Versorgung von Verbrauchern angeordnet ist. Der AC/DC-Wandler dient in diesem Falle zur Wandlung der über die Energieschnittstelle eingekoppelten Wechselspannung in eine Gleichspannung, da die Verbraucher in der Regel über eine Gleichspannung versorgt werden. Sofern alle Verbraucher eine identische Versorgung benötigen, können diese über einen Energieversorgungsbus an die Speisung angeschlossen werden, was den schaltungstechnischen Aufwand enorm verringert und die Ausfallwahrscheinlichkeit reduziert.

**[0013]** Werden die Verbraucher über DC/DC-Wandler an die Energieübertragungsschnittstelle angeschlossen, so könnten sie mit unterschiedlichsten Versorgungsspannungen betrieben werden. Trotz einer einzigen Energieübertragungsschnittstelle sind dadurch Versorgungsspannungen unterschiedlichster Pegel realisierbar. Der DC/DC-Wandler, der lediglich den Spannungspegel auf den gewünschten Wert ändert, wäre hierbei einem Verbraucher vorgeschaltet oder könnte in den Verbraucher integriert sein.

**[0014]** Um die Höhe der erforderlichen Spannung direkt an der Entstehungsquelle ohne weitere Hardware beeinflussen zu können wird vorgeschlagen am Sekundärteil wenigstens einen AC/AC-Wandler zur Spannungswandlung und Versorgung der Verbraucher anzuordnen. Auch in diesem Falle sind unterschiedliche Versorgungsspannungen für unterschiedliche Verbraucher dadurch realisierbar, dass die Verbraucher über integrierte oder separate AC/DC-Wandler an die Energieübertragungsschnittstelle angeschlossen sind. Die Aufgabe eines AC/AC-Wandlers wäre bei dieser Vorgehensweise lediglich die Adaptierung des Speisepegels bereits an der Quelle.

**[0015]** Weitere Verschaltungen von AC/DC- und/oder AC/AC-Wandlern zur Herstellung unterschiedlichster Spannungspegel und Spannungsarten auf dem Sekundärteil sind denkbar und ergeben sich aus den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten. Auf eine Darstellung jeder möglichen Kombination wird hier verzichtet. Diese dürften für den Fachmann leicht herzuleiten sein.

**[0016]** Besonders energiesparend ist eine Betriebsart bei der nur diejenigen Wicklungen des Primärteiles ein Energieversorgungsfeld erzeugen, die dem Sekundärteil im Wesentlichen gegenüber liegen. Es wird dadurch nur über die felderregenden Spulen ein Energieversorgungsfeld erzeugt, in deren direkter Nähe sich die Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles befindet. Weitere Energieeinsparungsmaßnahmen ergäben sich dadurch, dass ausschließlich jeweils diejenigen Wicklungen des Primärteiles ein Energieversorgungsfeld erzeugen, die

der Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles im Wesentlichen gegenüber liegen. Hintergedanke bei dieser Lösung ist, die Verwendung dieses Features bei einer Systeminitialisierung. Dies dient dazu, die Anfangskonfiguration, d.h. u.a. die Position der Sekundärteile auf der Bewegungsbahn zu erfassen.

**[0017]** Die willkürliche Bestromung aller Spulen erhöht die Wärme- bzw. die Energieverluste und verringert damit auch die Lebensdauer bzw. Standzeit der Anordnung. Über eine Positionserfassung und die bekannten Abmessungen bzw. den Montageort der Energieübertragungsschnittstelle am Sekundärteil lässt sich eine gezielte Ansteuerung der betroffenen Wicklungen realisieren, beispielsweise über eine zentrale Steuerung oder über die aus Anspruch 3 bekannte verteilte Steuerlogik.

**[0018]** Wird die Anordnung so ausgelegt, dass alle Wicklungen bei der Initialisierung von Sekundärteilen Energie liefern, so ist eine anfängliche Erfassung der Position der Sekundärteile, beispielsweise beim Einschalten des Systems oder nach einer Systemstörung wie einer Kollision ohne schaltungstechnischen Mehraufwand und vor allem kabellos machbar. In diesem Falle werden zum Einschaltzeitpunkt alle Sekundärteile, unabhängig von ihrem Standort innerhalb ihrer Fortbewegungsbahn, mit Energie versorgt und alle Spulen bestromt. Ohne diese Maßnahme wären für eine zentrale Steuerung nach dem System(neu)start keine Informationen bzgl. des Standortes der Sekundärteile verfügbar, denn mangels vorhandener Energie arbeiten die am Sekundärteil angebrachten Systeme noch nicht. Es wäre dann eine zusätzliche Stromversorgung erforderlich (Batterien, Akkus, etc.), die im genannten Fallbeispiel die Stromversorgung übernimmt und/oder ggf. Speicher zur Erhaltung von Positionsdaten puffert. Im Falle einer Kollision oder einer Entgleisung des Sekundärteiles könnte jedoch auch eine Sicherung dieser Daten nutzlos sein. Die übliche Methode für die Lösung dieses Problems ist das sog. „Homing“-Verfahren, bei dem zunächst alle Sekundärteile einen definierten Streckenabschnitt zur Identifizierung und Positionserfassung durchfahren müssen. Erst danach ist das System wieder einsatzbereit und die Sekundärteile können ihre Ursprungsposition wieder anfahren, ein zeitaufwendiger und im Hinblick auf die Auswirkungen von Ausfallzeiten bei hochoptimierten Fertigungsprozessen sehr kostspieliger Vorgang, der mit der erfindungsgemäßen Lösung vermieden werden kann. Außerdem ist die vorgeschlagene Lösung ein weiterer Schritt in Richtung Wartungsfreiheit wegen fehlender Zusatzstromquellen. Fehlende Zusatzstromquellen reduzieren außerdem das Gewicht der Anordnungen und verbessern die Dynamik.

**[0019]** Nützlich wäre es, wenn der Linearmotor weiterhin dadurch gekennzeichnet ist, dass während des

Normalbetriebes über die Energieschnittstelle gepufferte Akkumulatoren und/oder Batterien und/oder Solarzellen die erforderliche Energieversorgung sicherstellen. Dann würden die Sekundärteile selbst im stromlosen Zustand ihre Positionsdaten erhalten und eine kurzfristige Betriebsunterbrechung bei der die Sekundärteile ihre Ursprungsposition beibehalten wäre zumindest ohne Einflüsse auf die Positionserfassung der Steuerung.

**[0020]** Neben der eingangs genannten Aufgabe liegt der Erfindung des Weiteren die Aufgabe zugrunde, die Grundlage für eine industrielle Maschine zu schaffen, insbesondere zum Einsatz in Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, z.B. für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein Linearmotor der mit wenigstens einem über eine Energieübertragungsschnittstelle versorgten Sekundärteil, auf dem Verbraucher angeordnet sind, und mit wenigstens einem Primärteil mit entlang einer vorbestimmten Wegstrecke aneinandergereihten, felderzeugenden Spulen zur Fortbewegung des Sekundärteiles über ein Fortbewegungsfeld ausgestattet und dadurch gekennzeichnet ist, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle des Sekundärteiles induktiv eingekoppelt wird und am Sekundärteil angebrachte Verbraucher mit Energie versorgt.

**[0021]** Die Vorteile einer industriellen Maschine gemäß der Erfindung werden besonders effizient ausgeschöpft, wenn die Maschine mehrere Sekundärteile umfasst, die eine prozesssynchrone Bewegung nach vorbestimmten Prozessvorschriften ausführen. Mehrere Sekundärteile bedingen eine erhöhte Komplexität bei der Energieversorgung. Die Anzahl der Sekundärteile kann frei bestimmt werden und ist je nach dem Prozess lediglich durch die Anforderungen des Prozesses, durch die Geometrie der Sekundärteile und die Streckenführung des Primärteils begrenzt.

#### Ausführungsbeispiel

**[0022]** Die Fig. 1 zeigt grob schematisch den Querschnitt eines erfindungsgemäßen Linearmotors. Fig. 2 einen Linearmotor ähnlicher Art, jedoch mit weiteren Schnittstellen zur Kommunikation mit einer übergeordneten Steuerung zum Einsatz in industriellen Maschinen. Fig. 3 zeigt die in Fig. 2 gezeigte Anordnung in der Draufsicht und Fig. 4 eine mögliche Realisierung der Spulenansteuerung. Fig. 5 zeigt ein Prinzipschaltbild zur möglichen Realisierung der Leistungseinkopplung bzw. Leistungsauskopplung.

**[0023]** Der in Fig. 1 gezeigte Linearmotor besteht aus Sekundärteilen) 4 (hier nur eines gezeigt) und



Primärteilen) 5, die eine Bewegungsbahn bilden (hier nur ein Ausschnitt gezeigt). Die Anordnung ist im Schnitt gezeichnet. Der Schnitt erfolgt parallel zur möglichen Bewegungsrichtung 10 entlang der Mittelachse. An der Unterseite des Sekundärteiles 4, die dem Primärteil 5 gegenüber liegt, sind Permanentmagnete 11 angeordnet. Das Feld dieser Permanentmagnete 11 steht mit dem Fortbewegungsfeld bzw. Wanderfeld der felderzeugenden Spulen 1 in Wechselwirkung treibt das Sekundärteil 4 aufgrund der resultierenden Lorentzkraft an. An der Oberseite des Sekundärteiles 4 sind Verbraucher 2 angeordnet, die mittels Spannungs- und/oder Pegelwandler 8, welche über eine Leitung 12 miteinander verbunden sind, mit Energie versorgt werden. Die Energieversorgungsschnittstelle 3 ist in diesem Beispiel an das Sekundärteil an einer quer zur Bewegungsrichtung verlaufenden Seite 14 angedockt. Die Energieschnittstelle 3 könnte prinzipiell an jeder beliebigen anderen Stelle des Sekundärteiles 4 angebracht sein, wesentlich ist bei der Wahl des Montageortes nur, dass ein guter bis optimaler Kopplungsfaktor erzielt wird. Es wäre also auch denkbar, die Schnittstelle in der Mitte des Sekundärteiles 4 oder zwischen den Permanentmagneten 11 anzuordnen. Der über der Energieversorgungsschnittstelle 3 angeordnete Wandler 8 ist direkt mit dem Ausgang der Schnittstelle 3 verbunden und stellt wiederum einen Anschluss für alle mitfahrenden Verbraucher 2 zur Verfügung. Aufgenommen wird die Energie über das Energieversorgungsfeld 6, welches im Luftspalt 15 zwischen der Energieversorgungsschnittstelle 3 und dem Primärteil 5 angedeutet ist. Bewegt sich das Sekundärteil nun entsprechend der eingezeigten Bewegungsrichtung 10, so wird die Energieschnittstelle 3 mitgeführt. Dies hat zur Folge, dass auch das Energieversorgungsfeld 6 der Bewegung folgen muss, andernfalls würde die Energieversorgung abreißen.

[0024] Über ein Positionserfassungssystem und eine zusätzliche Kommunikationsschnittstelle beispielsweise zu einer zentral oder dezentral organisierten Ablaufsteuerung ist aber auch dieses Problem zu lösen, siehe Fig. 2. Eine Sollwertschnittstelle 9 mit nachgeschalteter Signalverarbeitung 13 wird für die Fortbewegungsregelung- bzw. Bewegungsregelung verwendet. Die Sollwertschnittstelle 9 ist wie die Energieschnittstelle an einer quer zur Bewegungsrichtung verlaufenden Seite 14 angedockt. Über eine nicht gezeigte Empfangsschnittstelle könnten über diese Schnittstelle Daten mit einer übergeordneten Steuerung oder der Spulenansteuerung übertragen werden. Jede einzelne Wicklung der felderzeugenden Spulen 1 wird über die ggf. im Primärteil 5 integrierte Spulenansteuerung 7 mit Strom versorgt und kann dementsprechend individuell angesteuert werden. Teil der Spulenansteuerung sind Signalquellen 16 zur Erzeugung des Fortbewegungs- bzw. Energieübertragungsfeldes. Diese könnten sowohl im Primärteil integriert aber auch extern ausgeführt sein.

Die Anordnung ist auch ohne die Sollwertschnittstelle 9 mit nachgeschalteter Signalverarbeitung 13 funktionsfähig. Eine externe Steuerung muss dann die Ansteuerung der felderzeugenden Spulen 1 übernehmen.

[0025] Das dem Fortbewegungsfeld überlagerte Energieversorgungsfeld könnte dadurch erzeugt werden, dass der zur Herstellung eines Fortbewegungsfeldes erforderlichen Wechselspannungsquelle 16a mit einer Frequenz von beispielsweise 50 Hz (jede andere Frequenz ist denkbar) eine weitere Wechselspannungsquelle 16b mit beispielsweise 10 kHz oder sogar variabler Frequenz so zugeschaltet wird, dass sich aus der Überlagerung beider Spannungen der gewünschte Effekt einstellt und sich beide Felder überlagern. Der Empfängerschwingkreis am Sekundärteil 4 ist auf die auszukoppelnde Frequenz abgestimmt, so dass er die maximal mögliche Energie einkoppelt. Der Spannungs- und Pegelwandler 8 adaptiert die Ausgangsspannung an die Anforderungen der Verbraucher 2, die über die Leitung 12 mit diesem verbunden sind. Es wäre auch denkbar jedem Sekundärteil eine unikale Frequenz zuzuordnen, um es dann über diese zugeordnete Frequenz gezielt anzusteuern. Außerdem sind auch aus dem Stand der Technik bekannte weitere Modulationsverfahren zur Ansteuerung der Sekundärteile denkbar.

[0026] Wählt man einen oder mehrere der Verbraucher 2 so aus, dass sie Aufgaben innerhalb eines Industrieprozesses übernehmen, z.B. einen Schweiß- oder Klebevorgang, so könnten diese Verbraucher 2 ebenso wie alle anderen Verbraucher 2 über die Energieversorgungsschnittstelle 3 und ggf. einen weiteren, parallel geschalteten Spannungs- und/oder Pegelwandler 8 (hier nicht gezeigt) mit Strom versorgt werden.

[0027] Je nachdem wie man die Spannungs- und/oder Pegelwandler 8 auswählt, können unterschiedlichste Anforderungen erfüllt werden. Durch die Kombination von AC/DC-, AC/AC- und DC/DC-Wandlern 8 können sowohl Verbraucher mit Wechsel- als auch Gleichspannungsanschluss mit Strom versorgt werden. Über integrierte Spannungsteiler ist es möglich den an der Energieversorgungsschnittstelle 3 abgegriffenen Spannungspegel an die Verbraucher 2 anzupassen. Es ist also denkbar, dass jeder Verbraucher 2 einen eigenen Wandler 8 besitzt, der die individuellen, verbraucherspezifischen Spannungen und Pegel sicherstellt.

[0028] Die Energieversorgungsschnittstelle 3 fährt auf dem Sekundärteil 4 entlang der Wegstrecke 10 mit. Es wird beispielsweise ein nicht stationäres, wanderndes bzw. mitfahrendes, Energieversorgungsfeld 6 verwendet, welches der Bewegung des Sekundärteiles entsprechend seiner Geschwindig-

keit- bzw. Beschleunigungsvorgaben durch die Steuerung folgt. Es führen hier nur diejenigen felderzeugenden Spulen 1 Energie zur Energieversorgung, welche nun unter dem Sekundärteil 4 oder evtl. sogar nur unter der Energieversorgungsschnittstelle 3 angeordnet sind. Der Vorteil liegt wie schön erwähnt im verminderten Energieverbrauch und in verminderten Wärmeverlusten. Im Falle der Systeminitialisierung ist es sinnvoll, alle felderzeugenden Spulen 1 gleichzeitig oder abschnittsweise mit Energie zu versorgen, um alle mitfahrenden Verbraucher 2 ohne einen separaten Positionserfassungsmechanismus sofort mit Strom zu versorgen, und die erforderlichen Daten durch eine Steuerung abfragen zu können. Die räumliche Ausdehnung des Energieversorgungsfeldes 6 kann prinzipiell aber auf unterschiedlichste Weise realisiert sein. Es könnte auf der gesamten Wegstrecke auch im Normalbetrieb permanent anliegen, oder aber nur auf relevanten Wegabschnitten, abhängig von der momentanen Position des (der) zu speisenden Sekundärteiles) 4. Im letzteren Falle sind natürlich höhere Anforderungen an die Ansteuerung der felderzeugenden Komponenten gestellt.

**[0029]** Ein einziger oder mehrere der Verbraucher 2 könnten auch als Energiespeicher (Akkumulator) ausgelegt sein, so dass sie nach dem Ladeprozess im Falle eines Energieausfalles die anderen über die Leitung 12 angeschlossenen Verbraucher versorgen können. Auch andere Energiequellen sind denkbar, die der Leitung 12 Energie zuführen (Batterien, Solarzellen, etc.).

**[0030]** Der in Fig. 2 dargestellte Linearmotor besteht aus Sekundärteilen) 4 und Primärteilen) 5. Der besseren Übersichtlichkeit halber zeigt die Darstellung nur ein einziges Sekundärteil 4 im Schnitt. Das Primärteil 5 bildet wie in Fig. 1 einen Streckenverlauf, auf dem vorzugsweise mehrere Sekundärteile 5 gleichzeitig fahren können. Auf dem Sekundärteil 4 ist eine Signalverarbeitungsvorrichtung 19 zur Bewegungs- bzw. Fortbewegungsregelung angeordnet und fährt bei Bewegung mit. Diese Vorrichtung ist außerdem an die Energieübertragungsschnittstelle 3, die Geberschnittstelle 17 und die Steuerschnittstelle 18 und zusätzlich an die Sollwertschnittstelle 9 angeschlossen. Am Primärteil 5 befindet sich eine Spulenansteuerung 7, welche mit den felderzeugenden Wicklungen 1 und der Sollwertschnittstelle 9 verbunden ist. Auch am Primärteil 5 existiert eine Energieübertragungsschnittstelle 3, eine Geberschnittstelle 17 und eine Steuerschnittstelle 18. Diese sind mit einer Signalquelle 16, einem Bewegungszustands-Geber 21 und einem Steueranschluss 22 verbunden. Im Luftspalt 15 ist das Fortbewegungsfeld zwischen den felderzeugenden Komponenten 23 des Sekundärteiles 4 und den felderzeugenden Spulen 1 des Primärteiles 5 angedeutet. Die felderzeugenden Komponenten 23 sind an der Unterseite des Sekundärteiles 4 angeordnet und fahren mit diesem mit.

**[0031]** Der Steueranschluss 22 gewährleistet die Verbindung zu einer zentral oder dezentral angeordneten Steuerung (hier nicht gezeigt), welche die Koordination des Bewegungsablaufes oder einen gesamten industriellen Prozess umsetzt. Über die Steuerschnittstelle 18 am Primärteil, die im konkreten Beispiel als induktive, bidirektionale Schnittstelle ausgeführt sein könnte, werden Steuerinformationen berührungslos an die korrespondierende und gegenüberliegende Steuerschnittstelle 18 des Sekundärteiles 4 übertragen. Die Steuerschnittstelle 18 des Sekundärteiles liefert der Signalverarbeitungsvorrichtung 19 Daten und diese wertet die Daten aus. Ein Bewegungszustandsgeber 21 liefert über eine weitere berührungslose Geberschnittstelle 17 Positionsinformationen an die Signalverarbeitungsvorrichtung 19. Diese Daten nutzt die Signalverarbeitungsvorrichtung 19, um die aktuelle Position des zugeordneten Sekundärteiles 4 relativ zum Primärteil 5 zu erfassen. Die am Primärteil 5 angeordnete Signalquelle 16 versorgt die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 am Sekundärteil 4 ebenfalls berührungslos mit elektrischem Strom über die Energieübertragungsschnittstelle 3. Die Ansteuerung der felderzeugenden Spulen 1 übernimmt die Spulenansteuerung 7, welche über die Sollwertschnittstelle 9 Vorgaben bzgl. der erforderlichen Feldstärke erhält. Der Sollwert könnte in diesem Falle ein Stromsollwert sein, welcher direkt proportional zur Intensität des magnetischen Feldes und damit zur Beschleunigung des Sekundärteiles ist. Auch ein Spannungssollwert wäre denkbar. Der Stromsollwert wird über die berührungslose Schnittstelle, der Sollwertschnittstelle 9 direkt von der Signalverarbeitungsvorrichtung 19 des Sekundärteiles 4 geliefert. Die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 leitet diesen Sollwert direkt aus den Daten ab, die sie von der Geberschnittstelle 17 und der Steuerschnittstelle 18 erhält. Bei den Daten aus der Steuerschnittstelle 18 könnte es sich um einen Lagesollwert handeln, aus dem die Signalverarbeitungsvorrichtung 19 die erforderliche Beschleunigung und Geschwindigkeit abhängig von dem zurückzulegenden Weg berechnet und dann per Stromsollwert die nötige Wanderfeldstärke anfordert. Andere Sollwertarten sind je nach Anwendungsfall denkbar.

**[0032]** Eine Kombination der in Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Vorrichtungen eignet sich beispielsweise optimal zum Einsatz in industriellen Maschinen. Verbraucher mit unterschiedlichsten Leistungsanforderungen können durch die erläuterte Kombination von AC/DC-, AC/AC- und DC/DC-Wandlern auf dem Sekundärteil angebracht und versorgt werden. Insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfassen oder zur Ver- und Bearbeitung von Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeugen, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein ein- oder mehrphasig angesteuerter Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens einem Sekundärteil 4 und wenigstens

einem Primärteil 5 mit felderzeugenden Spulen 1 in konzentrierter oder überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten Wegstrecke ausführt sind die Lösungen geeignet. Die kompakte Bauform und die Auslagerung von Steuerintelligenz auf das Sekundärteil 4 ermöglicht die Herstellung sehr flexibler modularer Komponenten, die in Form eines Bausatzes angeboten werden könnten. Die aus Primärteilen 5 ausgebildeten Streckenabschnitte können theoretisch in beliebiger Form hergestellt werden, also als gerade oder kurvenförmige Abschnitte mit rechtem oder linkem Kurvensinn oder als Abschnitte zur Überbrückung einer Steigung, und ermöglichen damit die Lösung annähernd jedes Transportproblems.

**[0033]** Fig. 3 zeigt den Ausschnitt einer aus Primärteilen gebildeten Strecke 25 mittels dreiphasig angesteuerter Spulen in der Draufsicht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist erneut nur ein Sekundärteil 4 und nur ein Streckenabschnitt 24 abgebildet. Dieses Sekundärteil 4 kann sich oberhalb der Strecke 25 entlang der eingezeichneten Pfeile in Vorwärts- und/oder Rückwärtsrichtung bewegen. Eine steife Lagerung des Sekundärteiles könnte beispielsweise durch Rollen und Schienen erfolgen, aber auch ein magnetisches Schwebesystem wäre denkbar. Die Übertragung des Sollwertes von der Signalverarbeitungsvorrichtung über die Sollwertschnittstelle 9 des Sekundär- und Primärteiles erfolgt hier für jede der drei Phasen über eine separate Schnittstelle, daher sind drei Sollwertschnittstellen 9 am Sekundärteil 4 nebeneinanderliegend, jedoch in Bewegungsrichtung zueinander versetzt eingezeichnet. Jede der drei segmentartig aufgebauten Sollwertschnittstellen 9 des Primärteiles 5 steuert über die korrespondierende Sollwertschnittstelle 9 des Primärteiles 5 eine Gruppe von Wicklungen 1 parallel an, wodurch eine gleichphasige Versorgung mit Strom gewährleistet ist. Dabei ist wichtig zu wissen, dass nur diejenigen Spulen mit Strom versorgt werden, die auch tatsächlich zum Antrieb des Sekundärteiles 4 erforderlich sind. Also diejenigen Wicklungen, die sich gerade unter oder unmittelbar vor dem Sekundärteil 4 befinden. Dieses Prinzip der Spulenansteuerung in Abhängigkeit von der Sekundärteilposition begrenzt unter anderem effektiv die Verlustleistung des Transportsystems. Es wird bei einem 3-Phasensystem – wie in Fig. 3 gezeichnet – jede dritte Spule über eine eigene Spulenansteuerung 7 mit Strom identischer Phasenlage versorgt. Die Spulenansteuerung 7 ist hier lediglich durch ein Transistorsymbol angedeutet. Bei der Bewegung des Sekundärteiles entlang der Strecke 25 wandern die an der Unterseite des Sekundärteiles angeordneten Sollwertschnittstellen 9 entlang der Wegstrecke und passieren dabei ihre korrespondierenden Schnittstellen am Primärteil. Dies führt zur bereits erwähnten Kommutierung des Spulenstromes entsprechend des Bewegungsverlaufes. Verlässt die Sollwertschnittstelle 9 des Sekundärteiles 4 den Erfassungsbereich der Schnittstelle

am Primärteil 5, so führt das zur Abschaltung des Stromes in den betroffenen Spulen. Erreicht die Anordnung eine neue Schnittstelle so führt dies zur Aktivierung des Spulenstromes, was das Sekundärteil dann in die gewünschte Richtung treibt. Über den an die Spulenansteuerung 7 übertragenen Sollwert besteht zusätzlich die Möglichkeit der Beeinflussung der Fortbewegung, beispielsweise eine Geschwindigkeitszunahme durch Beschleunigung abhängig von einer Last oder der Vorgabe einer zentralen Steuervorrichtung.

**[0034]** In Fig. 4 ist die Spulenansteuerung 20 in Form eines Prinzipschaltbildes gezeigt. Ein von der Sollwertschnittstelle 9 erhaltener Stromsollwert zur Ansteuerung der Spulen wird mit dem momentanen Strom-Ist-Wert 28 der Spulen verglichen. Dieser Ist-Wert wird über eine Messvorrichtung 32 direkt ermittelt. Das Ergebnis dieses Vergleichs wird einem Pulsweitenmodulator 26 zugeleitet, welcher über zwei als Halbbrücke 33 geschaltete IGBTs eine felderzeugende Spule ansteuert. Die Spulenansteuerung 20 besteht also in diesem Beispiel aus einem Vergleich 27, der PWM-Ansteuerung 26, aus der Halbbrücke 33 sowie einer Messvorrichtung 32. Weitere Bauteile können, abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung, zusätzlich erforderlich werden. Die Eingangssignale erhält die Spulenansteuerung 20 von der Sollwertschnittstelle 9 und von der Istwert-rückführung 28. Das Ausgangssignal wird direkt zur Versorgung der felderzeugenden Spulen 1 verwendet. Als Versorgungsspannung der Vorrichtung dient hier eine bipolare Spannungsversorgung, gekennzeichnet durch die Leitungszuführungen 29 und 30. Die Messung des Stromistwertes erfolgt relativ zur Masse 31. Weitere Ausgestaltungsformen zur Ansteuerung der Spulen sind denkbar.

**[0035]** Fig. 5 zeigt detaillierter die Ansteuerung (Transistorsymbol 7) der in Fig. 3 dargestellten Spulen 1, die einen Streckenabschnitt bilden. Es ist zu bemerken, dass nur die für das Verständnis der Schaltung unbedingt erforderlichen Komponenten eingezeichnet sind. Die mit n, n+1 und n+2 bezeichneten modularen Einheiten wiederholen sich entsprechend der Anzahl der anzusteuern Spulen entlang der Wegstrecke. Es ist die aus Fig. 4 bekannte Halbbrücke 33 mit ihrer Versorgungsspannung 29/30 zu erkennen und die zur Erzeugung des Fortbewegungsfeldes erforderliche, mit Masse 31 verbundene Spule 1. Zusätzlich ist die Energieübertragungsschnittstelle 3, bestehend u.a. aus der Spule 1 und der am Sekundärteil angeordneten Spule 34, dargestellt. Die Spule 34 weist zwei Anschlüsse 37 auf. Am Kontaktpunkt der beiden Transistoren einer Halbbrücke 33 ist zusätzlich eine Kapazität 35 eingezeichnet, welche mit einer HF-Spannungsquelle 36 verbunden ist.

**[0036]** Für das Verständnis der Energieübertragung



sind im wesentlichen die Bezugszeichen 35, 1, 34 und 37 relevant. Betrachtet man ein Modul, beispielsweise Modul  $n+1$ , so funktioniert dieses wie folgt: Die Fortbewegung des Sekundärteiles geschieht wie in Fig. 4 bereits ausführlich beschrieben. Über die Versorgungsleitung 36 wird eine höher frequente Versorgungsspannung (oder eine in der Frequenz variable Versorgungsspannung) über die Kapazität 35 eingekoppelt, deren Feld sich mit dem Feld der antreibenden Versorgungsspannung überlagert. Die mit dem Sekundärteil mitfahrende Spule 34 greift die über die Kapazität 35 eingespeiste Leistung im Idealfall wieder komplett ab und stellt am Anschluss 37 die zur Energieversorgung mitfahrender und am Sekundärteil angebrachter Baugruppen erforderliche Spannung zur Verfügung. An den Anschluss 37 könnten nun wie bereits oben ausführlichst beschrieben über AC/DC-Wandler verschiedene Spannungspegel, die speziell auf die Verbraucher ausgelegt sind, erzeugt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	felderzeugende Spulen
2	Verbraucher
3	Energieübertragungsschnittstelle
4	Sekundärteil
5	Primärteil
6	Energieversorgungsfeld
7	Spulenansteuerung
8	Spannungs- und/oder Pegelwandler
9	Sollwertschnittstelle
10	Bewegungsrichtung
11	Permanentmagnete
12	Versorgungsleitung
13	Ansteuerung
14	Verbindung
15	Luftspalt
16	Signalquelle
17	Geberschnittstelle
18	Steuerschnittstelle
19	Signalverarbeitungsvorrichtung
20	Spulenansteuerung
21	Bewegungszustands-Geber
22	Steueranschluss
23	felderzeugende Komponente
24	Streckenabschnitt
25	Strecke
26	PWM-Ansteuerung
27	Vergleicher
28	Istwerterzeugung
29	Versorgungsspannung mit Polarität a
30	Versorgungsspannung mit Polarität b
31	Masse
32	Messvorrichtung
33	Halbbrücke
34	Einkoppelspule eines Sekundärteiles
35	Einkoppelkapazität
36	Leistungseinspeisung für Sekundärteile
37	Leistungsentnahme durch Sekundärteile

#### Patentansprüche

1. Linearmotor, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen, mit wenigstens einem über eine Energieübertragungsschnittstelle (3) versorgten Sekundärteil (4), auf dem Verbraucher (2) angeordnet sind, und mit wenigstens einem Primärteil (5) mit entlang einer vorbestimmten Wegstrecke aneinandergereihten, felderzeugenden Spulen (1) zur Fortbewegung des Sekundärteiles (4) mittels eines Fortbewegungsfeldes, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld (6) höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) induktiv eingekoppelt wird und am Sekundärteil (4) angebrachte Verbraucher (2) mit Energie versorgt.

2. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein für einen Anwendungsprozess erforderlicher Vorgang durch einen Verbraucher (2) ausgeführt wird und dieser Verbraucher (2) eine prozessrelevante Apparatur ist.

3. Linearmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dieser ein- oder mehrphasig angesteuert ist und eine Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregelung aufweist, insbesondere für modulare Transporteinrichtungen mit geraden und kurvenförmigen Streckenabschnitten, die einen Streckenverlauf bilden, mit wenigstens einem über eine Informationsübertragungsschnittstelle kommunizierenden Sekundärteil (4), das Teile der Ansteuerung enthält, wobei das Sekundärteil (4) wenigstens einen Permanentmagneten und eine Signalverarbeitungsvorrichtung mit Fortbewegungs- bzw. Bewegungsregler aufweist, welche zumindest einen bezüglich einer Spulenansteuerung relevanten Sollwert erzeugt, wobei der Sollwert über eine Sollwertschnittstelle (9) vom Sekundärteil (4) einer bezüglich des Primärteiles (5) ortsfesten Spulenansteuerung (7) als für die Kommutierung verwendete Größe zugeführt ist und Mittel zur steifen Lagerung des Sekundärteiles vorgesehen sind, die das Sekundärteil entlang der vorbestimmten Wegstrecke führen.

4. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass am Sekundärteil (4) wenigstens ein AC/DC-Wandler an die Energieübertragungsschnittstelle (3) angeschlossen ist und Verbraucher (2) versorgt.

5. Linearmotor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Verbraucher (2) über DC/DC - Wandler an den AC/DC-Wandler angeschlossen sind.

6. Linearmotor nach Anspruch 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Sekundärteil (4) wenigstens ein AC/AC-Wandler an die Energieübertra-

gungsschnittstelle (3) angeschlossen ist und Verbraucher (2) versorgt.

7. Linearmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass Verbraucher (2) über AC/DC – Wandler an den AC/AC-Wandler angeschlossen sind.

8. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass alle diejenigen Wicklungen (1) des Primärteiles (5) ein Energieversorgungsfeld (6) erzeugen, die dem Sekundärteil (4) im Wesentlichen gegenüber liegen.

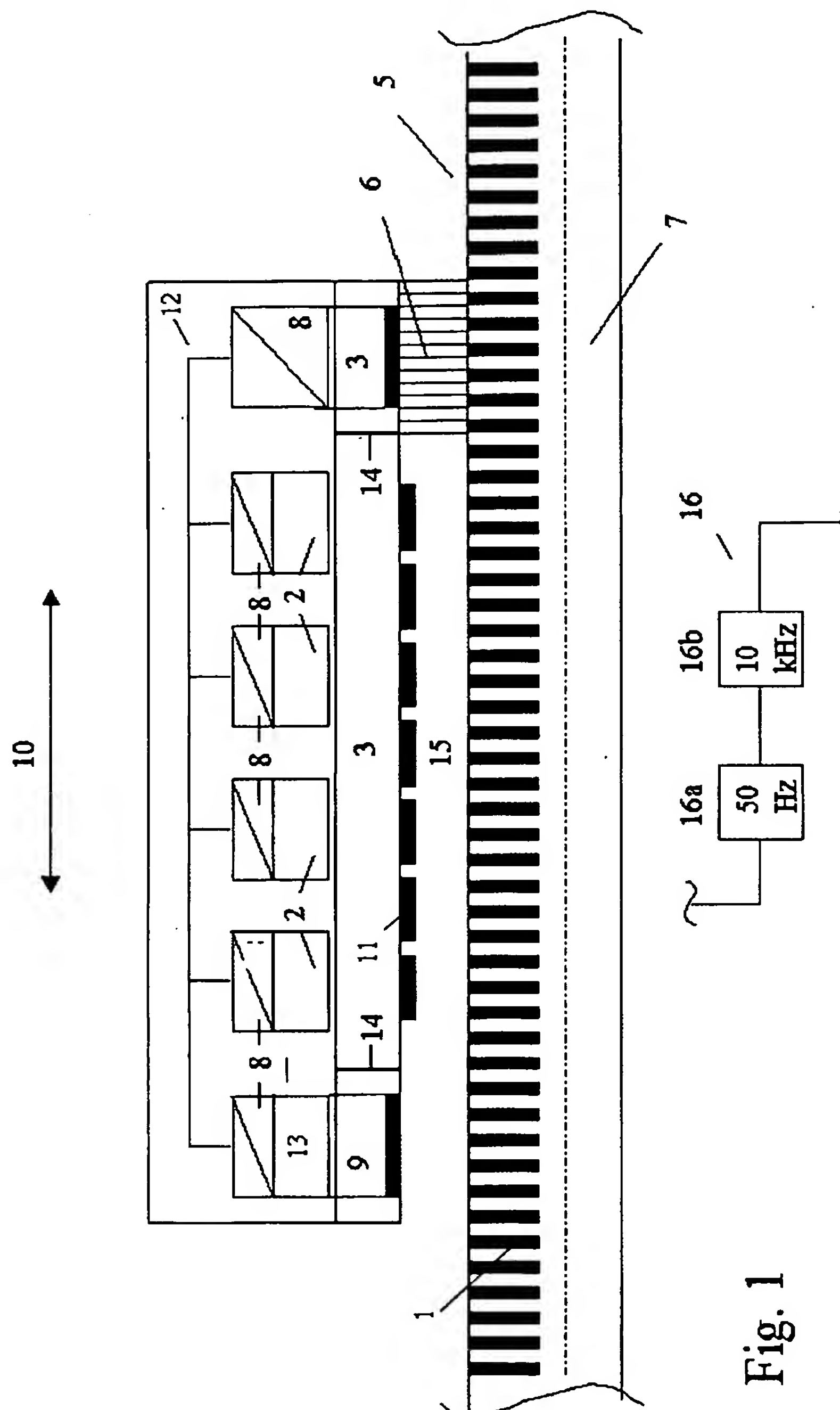
9. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ausschließlich jeweils diejenigen Wicklungen (1) des Primärteiles (5) ein Energieversorgungsfeld (6) erzeugen, die der Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) im Wesentlichen gegenüber liegen.

10. Linearmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Initialisierung von Sekundärteilen (4) alle Wicklungen Energie liefern.

11. Linearmotor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Normalbetriebes über die Energieschnittstelle (3) gepufferte Akkumulatoren und/oder Batterien und/oder Solarzellen die erforderliche Energie liefern.

12. Industrielle Maschine, insbesondere für Automatisierungsstraßen, die einen industriellen Prozess umfasst, insbesondere für Flachmaterialien, Verpackungen und Werkzeuge, wobei der Prozess eine Linearbewegung beinhaltet, die ein ein- oder mehrphasig angesteuerter Linearmotor inklusive Bewegungsregelung mit wenigstens einem Sekundärteil (4) und wenigstens einem Primärteil (5) mit felderzeugenden Spulen (1) in konzentrierter oder überlappender Wicklung entlang einer vorbestimmten Wegstrecke ausführt, dadurch gekennzeichnet, dass dem Fortbewegungsfeld ein Energieversorgungsfeld (6) höherer Frequenz überlagert ist, welches über die Energieübertragungsschnittstelle (3) des Sekundärteiles (4) induktiv ausgekoppelt wird und am Sekundärteil (4) angebrachte Verbraucher (2) mit Energie versorgt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



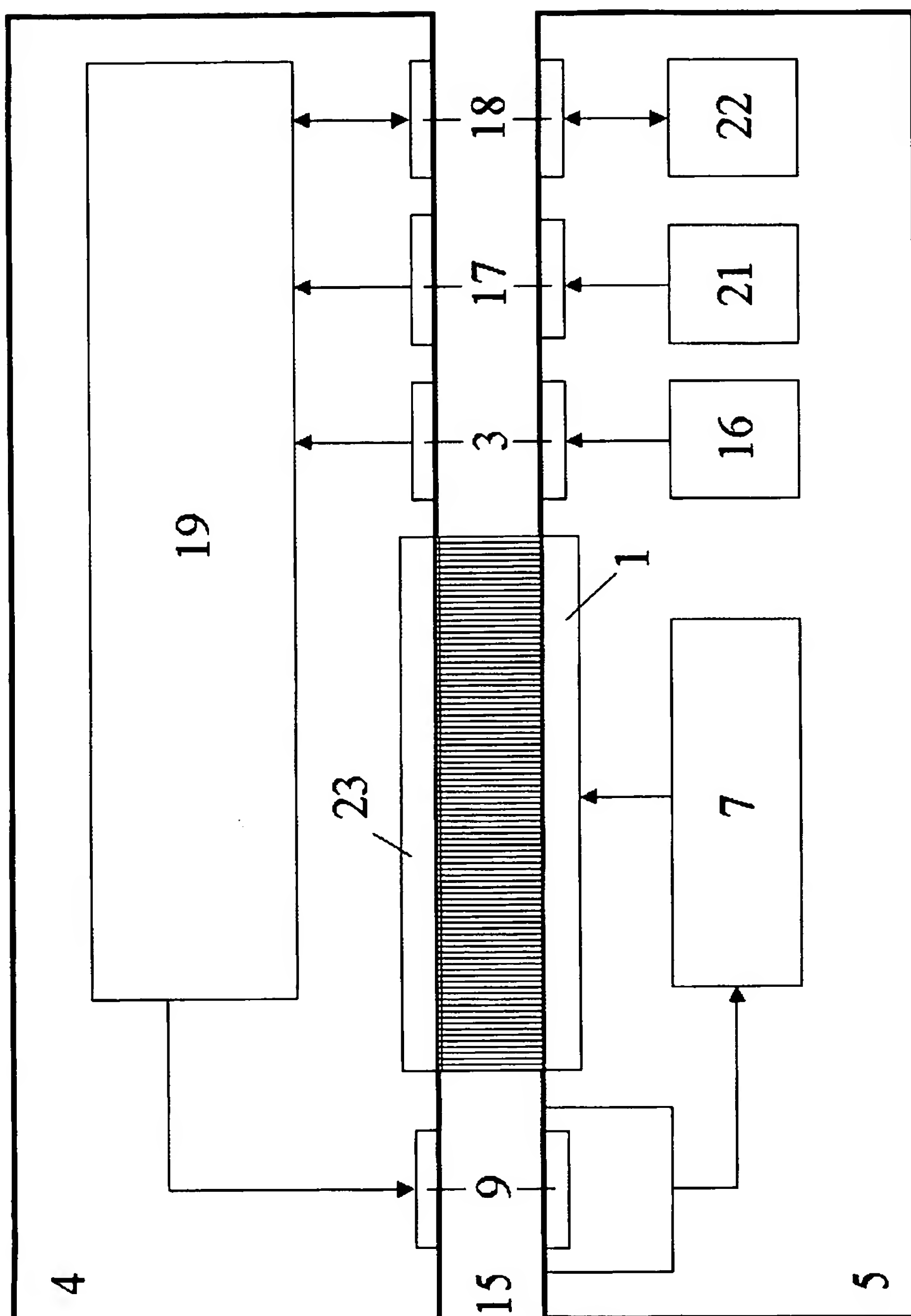


Fig. 2

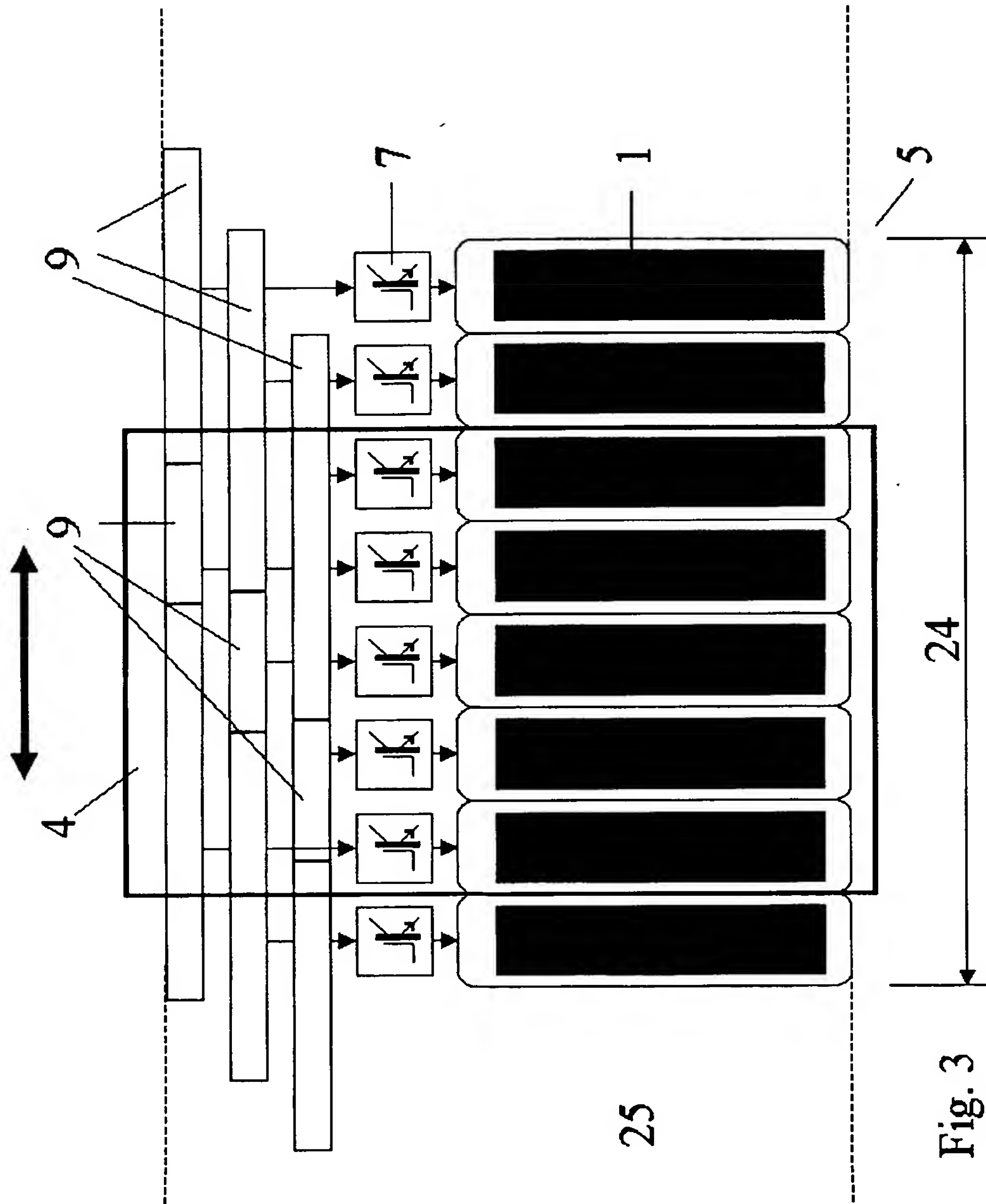


Fig. 3

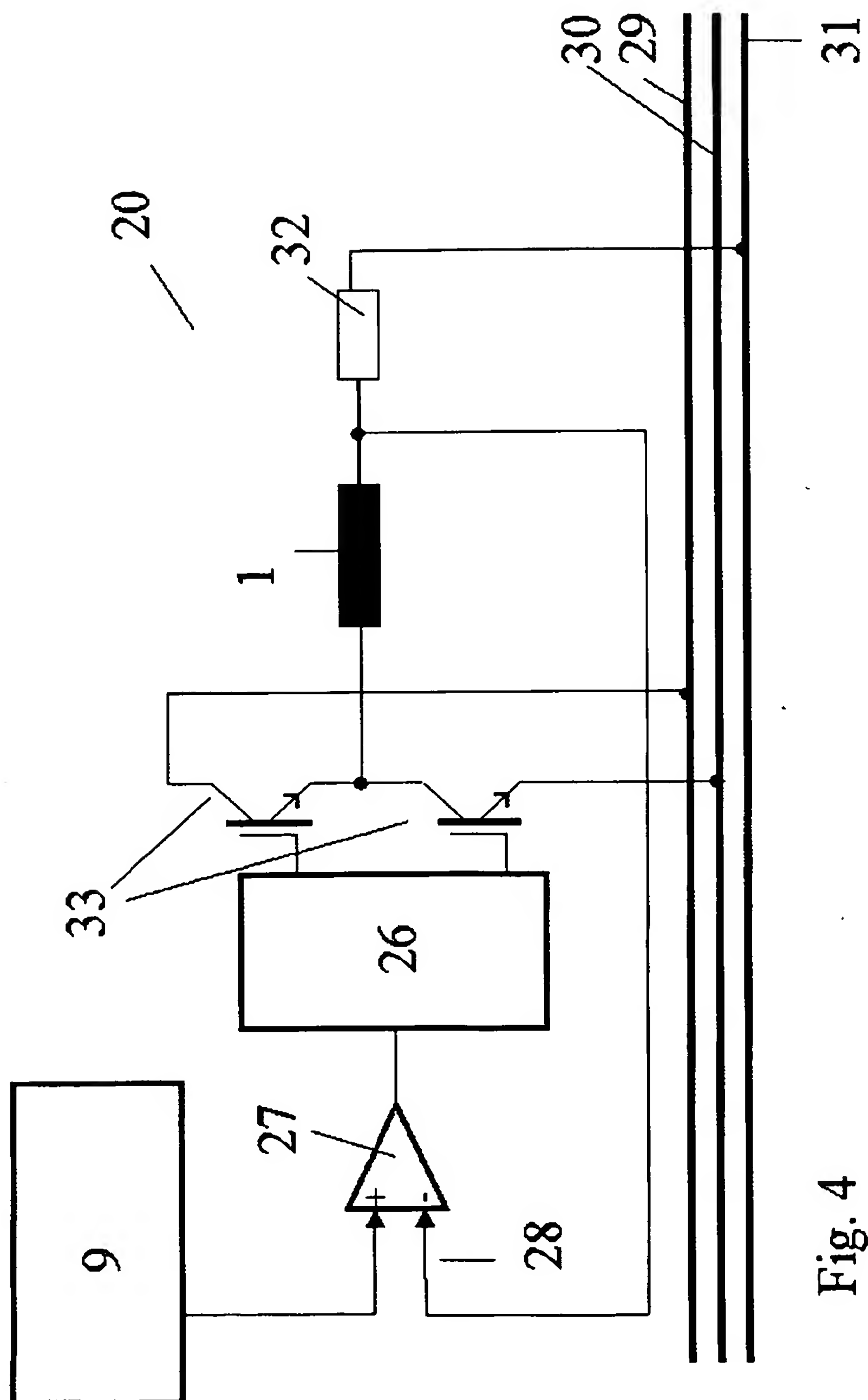


Fig. 4

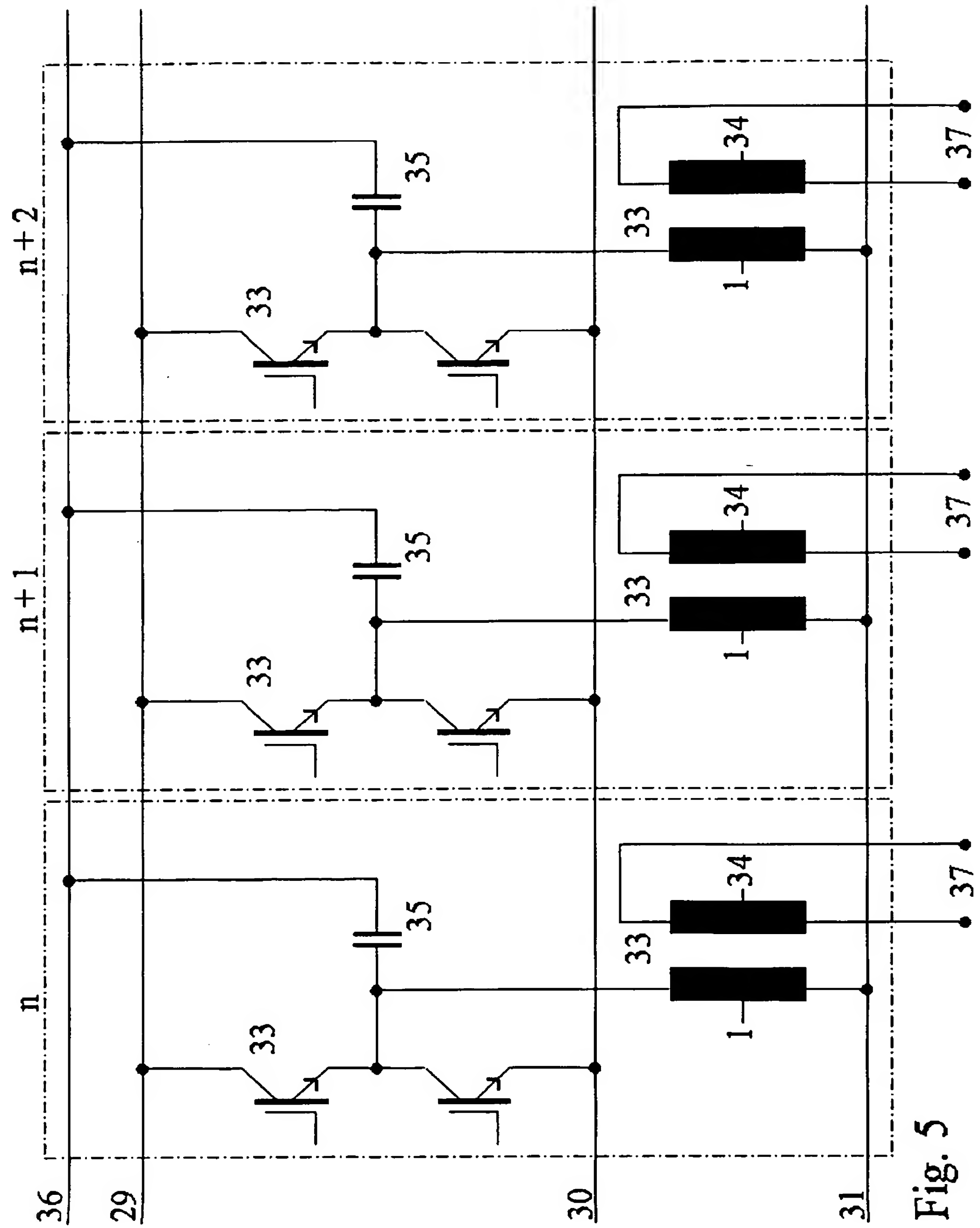


Fig. 5